

WEST Generate Collection

L10: Entry 14 of 35

File: JPAB

May 2, 1997

PUB-NO: JP409116380A

JP 9-116380

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09116380 A

TITLE: SURFACE ACOUSTIC WAVE FILTER

PUBN-DATE: May 2, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

UU, HOKUHOA

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

OKI ELECTRIC IND CO LTD

APPL-NO: JP07269794

APPL-DATE: October 18, 1995

INT-CL (IPC): H03 H 9/64; H03 H 9/145

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high power resistant resonator type surface acoustic wave (SAW) filter.

SOLUTION: A parallel arm at the resonator type SAW filter uses plural SAW resonators 63, 65 and 67 formed on the same substrate, and a serial arm uses plural LC resonators 64 and 66 formed on the same substrate as the SAW resonators 63, 65 and 67, for example. In this case, when the impedance characteristics of the respective LC resonators 64 and 66 are set similarly to the case that those LC resonators are composed of the SAW resonators 63, 65 and 67, the frequency characteristics of the resonator type SAW filter are made equal with the conventional filter for which all the elements are SAW resonators. The LC resonators 64 and 66 have resistance in high power, and power destruction at the serial arm weak for high power is prevented.

COPYRIGHT: (C) 1997, JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-116380

(43)公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int.Cl. ⁶ H 03 H 9/64 9/145	識別記号 7259-5 J	府内整理番号 F I H 03 H 9/64 9/145	技術表示箇所 Z D
---	------------------	---------------------------------------	------------------

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全7頁)

(21)出願番号 特願平7-269794

(22)出願日 平成7年(1995)10月18日

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 ウー ホクホア

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

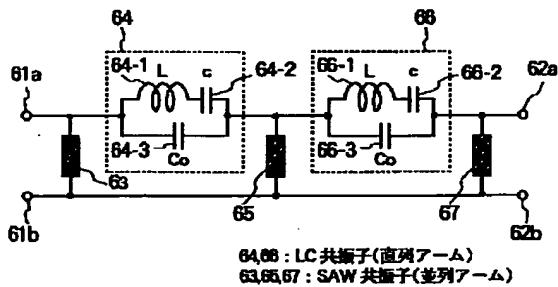
(74)代理人 弁理士 柿本 勝成

(54)【発明の名称】 弾性表面波フィルタ

(57)【要約】

【課題】 高耐電力の共振器型SAWフィルタを実現する。

【解決手段】 共振器型SAWフィルタにおける並列アームは、同一基板に形成された複数のSAW共振子63, 65, 67で構成し、直列アームを例えばSAW共振子63, 65, 67と同一基板に形成された複数のLC共振子64, 66で構成する。各LC共振子64, 66のインピーダンス特性を、それらをSAW共振子で構成した場合と同様に設定しておけば、共振器型SAWフィルタの周波数特性は、すべての素子がSAW共振子の従来とフィルタと同等になる。LC共振子64, 66は高電力に耐性があり、高電力に弱い直列アームでの電力破壊が防止される。



本発明の実施形態の共振器型SAWフィルタ

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電基板上に形成された共振器型弾性表面波フィルタであって、高電力に弱い直列アームの弾性表面波共振子を、前記基板と同一基板に形成されて該直列アームの弾性表面波共振子と同じインピーダンス特性を有し、耐電力特性に優れたLC共振子に変更した構成にしたことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項2】 圧電基板上に形成された共振器型弾性表面波フィルタであって、高電力に弱い直列アームの弾性表面波共振子を、前記基板に対して外付けされて該直列アームの弾性表面波共振子と同じインピーダンス特性を有し、耐電力特性に優れたLC共振器、水晶共振子、または圧電共振子に変更した構成にしたことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、共振器型弾性表面波フィルタに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 一般的に、弾性表面波装置は弾性表面波(Surface Acoustic Wave、以下、SAWという)を励振するためのすだれ状トランステューサ(Interdigital Transducer、以下、IDTといふ)を有している。その、そのIDTを加工することにより、弾性表面波装置にいろいろな特性及び機能を持たせることができる。従来、弾性表面波装置といえば主にSAWフィルタを指すことが多く、そのSAWフィルタの中では多電極型SAWフィルタが主役であった。しかるに、近年、多電極型SAWフィルタの他に、共振器型SAWフィルタの研究開発も盛んになり、SAWフィルタと言えば必ずしも多電極型SAWフィルタを意味しなくなっている。本発明はその共振器型SAWフィルタに関するものである。共振器型SAWフィルタは、古典的な電気フィルタの設計方法に基づくSAW共振子を用いて構成されるフィルタである。SAW共振子の本体はIDTであり、場合によっては、左右に反射器を有している。反射器もIDTと同様にすだれ状の電極指で構成され、その全電極指は電気的に短絡されている場合もあれば、開放されている場合もある。反射器は主にIDTから左右に漏洩するSAWを音響的に反射するための装置であるので、全電極指の電気的短絡または開放とほとんど無関係である。SAWフィルタのインピーダンス特性はLC共振器のインピーダンス特性にきわめて類似している。そのため、電気フィルタの設計方法が適用できるわけである。

【0003】 図2は、従来のSAW共振子を示す平面図である。例えば水晶基板、LiTaO₃基板、或いはLiNbO₃基板のような圧電基板1に対して、一般的な半導体の製造プロセス技術の例えればリフトオフ(Lift-off)技術等が用いられて、IDT2と反射器3とが形成されている。IDT2では、入力端子4に接続されたす

2

だれ状の電極指と出力端子5に接続された電極指とが交互に配置されている。IDT2と反射器3は、一般的にA1またはA1を主材料とする合金でできている。反射器3が不要の場合には、これは除かれる。図3(1)、(2)、(3)は、図2中の反射器を説明する図であり、同図(1)は略図、同図(2)は全電極指が電気的に短絡された反射器、及び同図(3)が全電極指が開放された反射器をそれぞれ示している。反射器の電極指の本数は、50~100本程度が適当である。図2中の反射器は、一般的に図3(2)もしくは図3(3)の形態をとっている。また、反射器3は、所望のインピーダンスを得るために、IDT2の一番外側の電極指から励振するSAWの4分の1波長の距離の前後に配置されるのが一般的である。反射器3は、IDT2と同じ製造工程で同時に作製されるので、その膜厚及び材質はIDT2と同じである。目安としての膜厚は、数百オングストロームから数千オングストロームまであり、材質は純A1またはA1を主材料とする合金が使用される。また、場合によっては、純Au、純Tiまたはこれらの金属を主材料とする合金が用いられる場合もある。以上のような構成のSAW共振子はLC共振器とよく似たリアクタンス特性を示すため、その等価回路をLC共振器で近似的に表すことが多い。

【0004】 図4(1)、(2)は、図2の等価回路とリアクタンス特性を示す図であり、同図(1)が等価回路、同図(2)がリアクタンス特性をそれぞれ示している。等価回路は、端子間に直列に接続されたインダクタ10とキャパシタ11と抵抗12と、それらと並列に接続されたキャパシタ13とで表される。この等価回路を有したSAW共振子のリアクタンス特性は、図4(2)が示す共振周波数F_rと反共振周波数F_aとを持っている。このようなリアクタンス特性の素子で電気フィルタを設計する方法は、古くから知られている。共振子でフィルタを構成するにあたって、はしご型回路がフィルタの基本回路となる。図5は、一段はしご型回路を示す回路図である。はしご型回路には、二通りの構成が考えられる。図5(a)の回路と図5(b)の回路は対称であり、(a)の左の端子からみたインピーダンスは(b)の右の端子からみたインピーダンスに等しく、(a)の右の端子からみたインピーダンスは(b)の左の端子からみたインピーダンスに等しい。共振子でフィルタを構成するとき、はしご型回路間のインピーダンスを考えながら(a)または(b)の回路を選択する。図中の21は並列アーム(アームは英語のarmからきた外来語)共振子で、22は直列アーム共振子である。並列アーム共振子21の反共振周波数と直列アーム共振子22の共振周波数が非常に接近または一致すれば、系全体の入力端子と出力端子における整合状態がきわめて良好な帯域フィルタの特性が得られる。

【0005】 図6は、図5の1段はしご型回路の伝送特

性を説明する図である。図6中の31は、図5の並列アーム共振子21と直列アーム共振子22のリアクタンス特性を示している。ここで、各曲線 X_p , X_s は、各共振子21, 22のリアクタンス特性である。共振周波数と反共振周波数は図6に示されている通りである。結果的に、図5に示される1段はしご型回路の挿入損失特性は、図6の32の特性のようになる。この挿入損失は、帯域フィルタの伝送特性であり、はしご型回路の段数を増やすことにより、通過帯域の左右の減衰量が増加する。その段数はフィルタの特性の条件によって決まる。しかし、はしご型フィルタの段数が増加すると、共振子の数もこれに比例して増加する。

【0006】図7は、4段はしご型回路で構成される共振器型フィルタを示す回路図である。この共振器型フィルタは、図5に示された各1段はしご型回路41, 42, 43, 44が、4個接続されたものである。各1段はしご型回路41～44は、並列アーム共振子41a～44aと、直列共振子41b～44bをそれぞれ有している。ただし、各段の間の相互反射を考慮して、接続するときにインピーダンスの等しい端子同士が接続されている。結果的に、直列アームにおいては2組の2個直列接続SAW共振子系、並列アームにおいて1組の2個並列接続SAW共振子系ができる。各段に2個の共振子があるので合計8個のSAW共振子が必要になってくる。ところが、一般的に直列に接続する2個のSAW共振子または並列に接続する2個のSAW共振子は、1個のSAW共振子に合成することが可能である。この合成共振子は2個の共振子系とはほぼ同じインピーダンス特性を持っていることが特徴である。例えば、1段目回路41の共振子41b及び2段目回路42の共振子42aと、3段目回路43の共振子43b及び4段目回路44の共振子44aとは、それぞれ直列に接続し、2段目回路42の共振子42bと3段目回路43の共振子43aは並列に接続する。

【0007】図8は、共振子合成後の4段はしご型フィルタを示す回路図である。それぞれの共振子系を合成すると、図7の4段はしご型フィルタの構成は、図8の構成になる。即ち、図7に示される共振器型フィルタでは、合計8個の共振子が必要であったが、共振子合成を行なうことによって5個の共振子51, 52, 53, 54, 55で、図7と同じ伝送特性およびインピーダンス特性を有する共振器型フィルタが得られる。なお、図8で並列アームに配置される共振子51と共振子52は、図7の各共振子41a, 44bと同じであり、合成されない共振子である。直列アームの共振子52は2個の共振子41b, 42aの合成共振子、直列アームに配置された共振子54は2個の共振子43b, 44aの合成共振子、及び並列アームに配置された共振子53は2個の共振子42b, 43aの合成共振子である。図7を構成する各共振子をSAW共振子でそれぞれ構成する場合、

その合成方法は次の図9に示されているようになる。

【0008】図9は、SAW共振子の合成を説明する図である。図9(1)は従来の単体のSAW共振子で、ここでは反射器を省略するが、反射器があっても差しつかえない。また、ここではSAW共振子のIDT合成を説明するためなので、圧電基板を図示していないが、すべてのSAW共振子は圧電基板上に作製されている。同図中のWは対向する電極指の交差長である。また、入は励振するSAWの波長であり、電極指幅の4倍に等しい。10 2個のSAW共振子を合成するとき、例えば、図9の(2)に示すように、2個の直列接続SAW共振子を1個のSAW共振子に合成すると、後者の交差長は前者の単体の交差長の半分になる。図9(3)のように、2個の並列接続SAW共振子を1個のSAW共振子に合成すると、後者の交差長は前者の単体の交差長Wの2倍になる。それらの場合の合成後のSAW共振子のインピーダンス特性は、合成前の直列接続SAW共振子系または並列接続SAW共振子系のインピーダンス特性とほぼ同じである。ただし、直列接続SAW共振子系の場合では合成後のSAWの励振領域は面積的に合成前の4分の1になるのに対し、並列接続SAW共振子の場合では合成後のSAWの励振領域は面積的に合成前と同じである。このようにして共振器型フィルタの共振子が合成されていく。例えば、4段はしご型回路で構成される共振器型SAWフィルタの場合では8個のSAW共振子を必要とするところ、5個のSAW共振子で同じ伝送特性とインピーダンス特性を有する共振器型SAWフィルタの構成が可能である。即ち、用いられるSAW共振子の数は、ほぼ段数と同じとなる。また、減衰量はほぼ段数に比例して増加するので、所望のフィルタの特性が決まれば、その段数もほぼ決まる。

【0009】
【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のSAW共振子を用いた共振器型SAWフィルタでは、次のような課題があった。SAW共振子の数を減らす目的で、一般的に直列接続する2個の共振子および並列に接続する2個の共振子は、それぞれ1個の合成共振子に合成される。それら各合成共振子のインピーダンス特性は、2個の直列接続の共振子および2個の並列共振子とそれらはほぼ同じである。図9の(2)において、直列接続の2個のSAW共振子を合成した後得たSAW共振子の交差長は、合成前の単体SAW共振子の交差長の半分になる。図9の(3)において、並列接続の2個のSAW共振子を合成した後得たSAW共振子の交差長は、合成前の単体SAW共振子の交差長の2倍になる。

【0010】合成SAW共振子に高周波電力を入力すると各々の電極指間にSAWが励振する。図9の(3)では、単体同志で比較すると、合成SAW共振子の交差長は、合成前の単体SAW共振子より2倍長いため、明らかに合成SAW共振子において励振したSAWのエネル

ギー密度は、同じ電力を印加したとすると、合成前の単体SAW共振子の場合と比べて半分になり、単体SAW共振子より電力的に2倍強くなるわけである。しかし、図9の(2)では、交差長が単体SAW共振子の半分しかなく、明らかに、励振したSAWのエネルギー密度は合成前の単体SAW共振子の場合と比べて2倍になり、合成前の単体SAW共振子より電力的に、2倍破壊されやすくなるのである。

【0011】実際に、図8に示すように共振器型SAWフィルタを構成し、通電実験を行なったところ、高電力による破壊はほとんど直列アームの合成共振子52または54で発生した。これは、直列の2個のSAW共振子を合成したことによって、合成SAW共振子52または54には、合成前の単体のSAW共振子の電力が印加されるため、SAWのエネルギー密度は、合成前の単体のSAW共振子に比べて4倍高くなる。このことが、原因であると推定できる。本発明は以上のような欠点を除去し、高耐電力の共振器型SAWフィルタを提供することを課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、前記課題を解決するために、圧電基板上に形成された共振器型SAWフィルタであるが、高電力に弱い直列アームの合成SAW共振子を、前記基板と同一基板に形成されて該直列アームのSAW共振子と同じインピーダンス特性を有し、耐電力特性に優れたLC共振子に変更して構成している。第2の発明は、圧電基板上に形成された共振器型SAWフィルタであるが、高電力に弱い直列アームの合成SAW共振子を、前記基板に対して外付けされて該直列アームのSAW共振子と同じインピーダンス特性を有し、耐電力特性に優れたLC共振器、水晶共振子、または圧電共振子に変更して構成している。第1及び第2の発明によれば、以上のように共振器型SAWフィルタを構成したので、並列アームはSAW共振子で形成され、直列アームは、合成SAW共振子の代わりに耐電力特性に優れた共振子或いは共振器で構成される。そのため、共振器型のSAWフィルタにおいて、従来の課題となっていた直列アームでの電力破壊が防止される。従って、前記課題を解決できるのである。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施形態を示す共振器型SAWフィルタの回路図である。従来の課題で説明したように、共振器型SAWフィルタの直列アームにおける直列接続の2個のSAW共振子を合成して1個のSAW共振子にすることによって、フィルタの直列アームのSAW共振子で電力破壊が起こったいた。本実施形態の共振器型SAWフィルタでは、その直列アームを形成する合成SAW共振子の代わりに、高電力に強い共振子の例えばLC共振子等を使用している。このSAWフィルタは、入力端子対61a, 61bと出力端子対6

2a, 62b間に順に接続された、並列アームのSAW共振子63と、直列アームのLC共振子64と、並列アームのSAW共振子65と、直列アームのLC共振子66と、並列アームのSAW共振子67とを、備えている。各LC共振子64, 66は、例えば各SAW共振子63, 65, 67と共に同一の圧電基板に形成されている。

【0014】図1のフィルタは、図7の4段はしご型フィルタの共振子を合成した図8のフィルタに対応するものであり、SAW共振子63は合成の行われないSAW共振子51、SAW共振子65は合成されたSAW共振子53、及びSAW共振子67は合成の行われないSAW共振子55にそれぞれ該当する。また、各LC共振子64, 66は、図7のSAW共振子52, 54にそれぞれ該当する。各LC共振子64, 66は同じ構成で同じ特性を有するものである。LC共振子64は、直列に接続されたインダクタ64-1とキャパシタ64-2と、それらに対して並列に接続されたキャパシタ64-3とで、構成されている。また、LC共振子66は、直列に接続されたインダクタ66-1とキャパシタ66-2と、それらに対して並列に接続されたキャパシタ66-3とで構成されている。LC共振子はSAW共振子に比べて高電力に強く、しかも、大きさはSAW共振子に対して数倍大きい程度であり、共振器型SAWフィルタの小型化の妨げにはならない。

【0015】各インダクタ64-1, 66-1は、渦巻き型でも直線型でもどちらで形成してもよい。キャパシタ64-2, 66-2, 64-3, 66-3は、誘電体を挟むサンドイッチ型または電極指の広いSAW共振子のIDT型でもよい。但し、直列アームの合成SAW共振子と同じインピーダンス特性を、各LC共振子64, 66に持たせるために、各インダクタ64-1, 66-1のインダクタンスLと、キャパシタ64-2, 66-2のキャパシタンスCと、各キャパシタ64-3, 66-3のキャパシタンスC₀とは、独立に評価してから構成する必要がある。例えば、LiTaO₃板を圧電基板とする中心周波数835MHzの共振器型SAWフィルタの場合では、共振子のトランステューサ及び反射器の電極指幅は約1.15μm、各SAW共振子63, 67

における電極指の交差長とその対数はそれぞれ約70μmと70対程度、SAW共振子65の交差長と対数はそれぞれ約90μmと100対程度である。各LC共振子64, 66を従来のようにSAW共振子で構成した場合、その交差長と対数はそれぞれ約55μmと110対程度であるが、各LC共振子64, 66で構成して同じインピーダンス特性を得るために、インダクタンスLを約10nH、キャパシタンスC₀を約122pF、及びキャパシタンスCを約3.73pFにしなければならない。

【0016】本実施形態では、各インダクタ64-1,

66-1を線幅150μm程度、巻数7~10程度の平面渦巻き型インダクタでそれぞれ構成している。キャパシタ64-2, 66-2とキャパシタ64-3, 66-3とはすだれ状型で、従来のSAW共振子と同じ構成である。しかしながら、その線幅は70μm前後としているので10MHz以上のSAWを励振しないから、それらは800MHz帯ではキャパシタとしてしか働かない。また、キャパシタ64-3, 66-3の交差長と対数はそれぞれ150μm程度と15対程度で、キャパシタ64-2, 66-2の交差長と対数はそれぞれ450μm程度と3対程度である。各インダクタ64-1, 66-1と各キャパシタ64-2, 66-2とキャパシタ64-3, 66-3とは、すべて高電力に強い単一素子なので、このように構成した図1の共振器型SAWフィルタは従来のものと比べて3~4倍程度形状的に大きくなるものの、数十倍以上高耐電力なものとなる。なお、各素子値から、各インダクタ64-1, 66-1と各キャパシタ64-2, 66-2とキャパシタ64-3, 6*

$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$F_a = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_0 + c}{LC_0 c}}$$

このとき、SAW共振子63, 65, 67で、ある程度のSAWが励振されるが、各LC共振子64, 66のように主流電力は通過しないので、まず電力による破壊の可能性は、ほとんどない。各SAW共振子63, 65, 67の共振周波数をf_r(=2F_r-F_a)と反共振周波数をf_a(=F_r)とすると、図6の説明から明かのように、それらSAW共振子63, 65, 67の影響で共振周波数f_rと反共振周波数f_a間付近の周波数の信号だけが容易に通過し、これ以外の周波数帯域の信号は、反射されて入力端子対61a, 61bに戻される。SAWフィルタにおける各素子がこのように機能すると、結局、SAW共振子の共振周波数f_rからLC共振子の反共振周波数F_aまでを帯域とする帯域フィルタになる。そして、通過可能な周波数の信号だけが、出力端子対62a, 62bに到達し、出力信号として抽出される。ここで、例えば周波数F_rとF_aはそれぞれ83.6.5MHzと84.9MHzで、f_rは824MHzである。

【0018】以上のように、本実施形態では、共振器型SAWフィルタにおいて、高電力に弱い直列アームのSAW共振子を、そのSAW共振子と同じインピーダンス特性を有するLC共振子64, 66に変更して構成している。LC共振子は高耐電力であり、直列アームでの電力破壊が防止される。そのため、このSAWフィルタは、自動車電話或いは携帯電話等において送信フィルタとして用いられている高電力に強いセラミックスフィル

※50

* 6-3とは、容易に入手可能な単一素子なので、それらLC共振子64, 66を、圧電基板に対して外付けのLC共振器で構成してもよい。例えば、各インダクタ64-1, 66-1はコイル断面積が約1mm²程度で巻数が2~3のインダクタで構成し、各キャパシタ64-2, 66-2と各キャパシタ64-3, 66-3は、寸法が0.5×1×2mm³のセラミックキャパシタで構成してもよい。

【0017】次に、図1の共振器型SAWフィルタの動作を説明する。図1の動作原理は従来のものとまったく同じである。入力端子対61a, 61bから高周波信号が入力されると各LC共振子64, 66において、従来のようにSAWに変換されずに、次の(1), (2)式で表わされる各LC共振子64, 66の共振周波数F_rと反共振周波数F_a間付近の周波数の信号だけが容易に通過する。これ以外の周波数帯域の信号は反射され、入力端子対61a, 61bに戻される。

【数1】

... (1)

... (2)

※タの代わりに、使用可能になる。また、共通のアンテナで送受信を行うために通信機器に設けられ、高耐電力のSAWフィルタを必要とするSAW共用器も、本実施形態のSAWフィルタを用いることで実現できる。なお、本発明は、上記実施形態に限定されず種々の変形が可能である。例えば、上記実施形態では、4段はしご回路に基づいたSAWフィルタを説明しているが、はしご回路の段数に制限はない。また、直列アームをSAW共振子63, 65, 67と同一基板に形成されたLC共振子64, 66で構成しているが、外付けのLC共振器、水晶共振子、または圧電共振子等で直列アームを構成してもよい。

【0019】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、第1及び第2の発明によれば、共振器型SAWフィルタにおいて、高電力に弱い直列アームのSAW共振子を、そのSAW共振子と同じインピーダンス特性を有し、耐電力特性に優れたLC共振子、LC共振器、水晶共振子、圧電共振子等に変更して構成している。そのため、直列アームにおける耐高電力性が確保され、電力破壊から解放される。よって、高電力用に適した共振器型SAWフィルタが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態を示す共振器型SAWフィルタの回路図である。

【図2】従来のSAW共振子を示す平面図である。

【図3】図2中の反射器を説明する図である。

【図4】図2の等価回路とリアクタンス特性を示す図である。

【図5】1段はしご型回路を示す回路図である。

【図6】図5の1段はしご型回路の伝送特性を説明する図である。

【図7】4段はしご型回路で構成される共振器型フィルタを示す回路図である。

【図8】共振子合成後の4段はしご型フィルタを示す回路図である。

【図9】SAW共振子の合成を説明する図である。

【符号の説明】

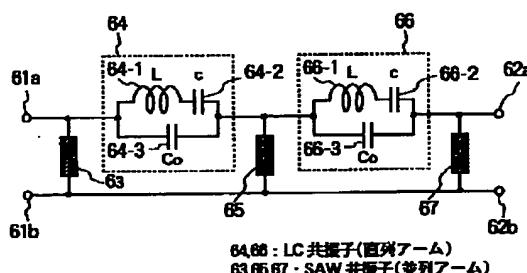
61a, 61b 入力端子対

62a, 62b 出力端子対

63, 65, 67 SAW共振子(並列アーム)

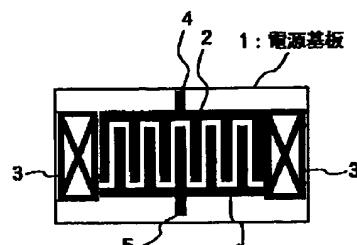
64, 66 LC共振子(直列アーム)

【図1】



本発明の実施形態の共振器型 SAW フィルタ

【図2】



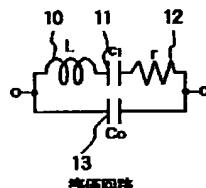
従来の SAW 共振子

【図3】



図2中の反射器

【図4】



【図5】

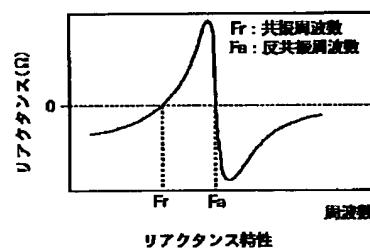
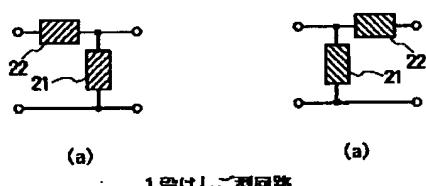
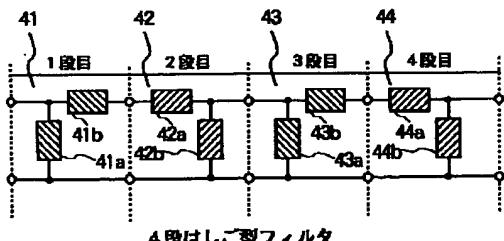
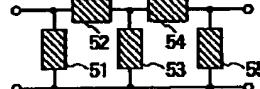


図2の等価回路とリアクタンス特性

【図6】



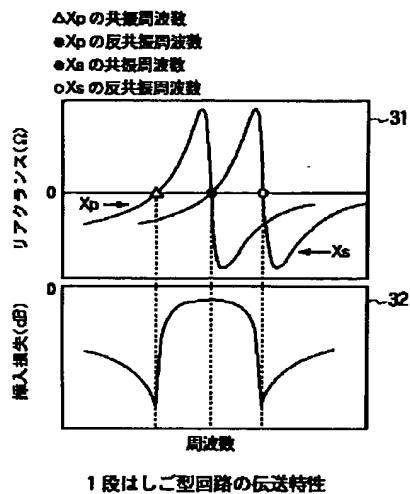
【図7】



共振子合成後の4段はしご型フィルタ

【図8】

【図6】



【図9】

